



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo Final de la carrera Ingeniería Agronómica

Caracterización en contenido de fenoles y azúcares totales en distintas variedades de arándanos cultivados en La Plata

Alumnos:

1) Beltramino, Patricia, Nora. Legajo n°18131/6. DNI 16303026. pbeltra@hotmail.com
Teléfono: 221-5310901

2) Di Lillo, Giovanni, Roberto. Legajo n°26176/6. DNI 34629409.
giovanni_pb@hotmail.com Teléfono: 2966-475081

Director: Ing. Agr. Rodríguez, Marcos.

Codirector: Dr. Hasperue, Joaquín.

Fecha de entrega: 15 de Octubre de 2020

Modalidad dúo

CONTENIDO	
1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	5
Generalidades del Arándano	5
La planta y el cultivo	6
Producción y comercialización	11
Propiedades nutraceuticas	13
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	17
Hipótesis	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
Material vegetal	18
Determinación del contenido de fenoles	18
Determinación de azúcares totales por el método de antrona	19
Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix)	20
Métodos estadísticos para el análisis de resultados	21
5. RESULTADOS	22
Contenido de fenoles	22
Azúcares solubles totales	22
Sólidos solubles totales (°Brix)	22
6. DISCUSIONES	23
7. CONCLUSIÓN	25
8. BIBLIOGRAFÍA	26
9. TABLAS	30
10. GRAFICOS	33
11. IMÁGENES	35

1. RESUMEN

El arándano es un frutal perteneciente al género *Vaccinum*, de amplia distribución en el hemisferio norte, con uso medicinal de sus frutos desde hace varios siglos, por su alta concentración de compuestos bioactivos que resultan beneficiosos para la salud humana. Dentro de estos compuestos están los polifenoles que otorgan beneficios al actuar como antioxidantes capturando los radicales libres, por lo que contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades asociadas con la edad.

El objetivo de este trabajo fue determinar diferencias en la calidad general y nutracéutica en 4 variedades de arándanos cultivados en la Estación Experimental “Julio Hirschhorn” de la Facultad de Cs. Agrarias y Forestales de La Plata: Revielle, Blue Chip, O’Neill y Georgia Gem. Los frutos cosechados de manera manual fueron conservados en freezer (-18°C). Se hicieron las determinaciones: 1) contenido de fenoles utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteau y se expresó en equivalentes de ácido gálico; 2) azúcares totales por el método colorimétrico de antrona; 3) sólidos solubles totales (°Brix), utilizando refractómetro. Para el análisis estadístico de los datos se realizó un ANOVA, y las medias se compararon mediante el test de LSD de Fisher. Se calculó la correlación lineal entre los contenidos de fenoles y azúcares totales.

Las variedades se diferenciaron en el contenido de fenoles, principalmente Georgia Gem con mayores valores, luego Blue Chip, y por último Revielle y O’Neil con menores contenidos, sin diferenciarse entre sí. No se observaron diferencias en el contenido de azúcares totales. Se registró una correlación positiva entre el contenido de fenoles y el de azúcares ($r=0,029$).

Los resultados obtenidos pueden asociarse con la capacidad de generación de compuestos fenólicos de los cultivares, por lo que, a la hora de seleccionar una variedad para iniciar un cultivo, éste podría ser uno de los parámetros a considerar. Estos resultados permiten concluir que ciertas características asociadas a la calidad del fruto tienen un fuerte componente varietal.

Palabras claves: Arándanos, propiedades nutraceuticas, fenoles.

2. INTRODUCCIÓN

Generalidades del Arándano

Origen

El arándano (*Vaccinium* sp.) es un frutal perteneciente a la familia de las Ericáceas y constituye un grupo de especies ampliamente distribuidas por el Hemisferio Norte, básicamente por Norteamérica, Europa Central y Eurasia, encontrándose también en América del Sur, y unas pocas especies en África y Madagascar.

De las 30 especies que constituyen el género *Vaccinium*, sólo un pequeño grupo de ellas tienen importancia comercial. Se destacan *V. corymbosum* L. (conocidos como arándano alto), que representa aproximadamente el 80% del total de la superficie cultivada, seguido en importancia por *V. ashei* R.) (conocido también como Ojo de Conejo), con una participación del 15% aproximadamente. Entre el 5% restante se destacan *V. angustifolium* A. y algunos híbridos de *V. angustifolium* x *V. corymbosum* (Gordó, 2011).

Los frutos silvestres, en general, y los arándanos en particular, han jugado un papel muy importante en la historia de la humanidad como alimento. Es a partir del siglo XVI cuando se comienza a encontrar con mayor frecuencia menciones del arándano en libros de medicina e hierbas medicinales. Por aquel entonces, se aconsejaba su uso para combatir enfermedades intestinales, recomendación que se sigue realizando hoy día, avalada por la investigación científica actual (García Rubio y col., 2018).

La planta y el cultivo

Descripción botánica

La planta es de crecimiento arbustivo, la cual dependiendo de la especie puede rondar entre los 0.5 m a los 5 m de altura.

Raíces: Las raíces de los arándanos tienen un aspecto fibroso y se sitúa 80% en los primeros 40 cm, lo que las vuelve dependientes de una provisión constante de humedad y de la necesidad de contar con una capa superficial de suelo suelto y bien aireado que permita el desarrollo de una abundante cabellera. En condiciones naturales las raíces están asociadas a micorrizas específicas, con las cuales mantienen una relación de mutuo beneficio (simbiosis).

Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, que tiene la capacidad de emitir brotes, promoviendo la continua renovación de la parte aérea de la planta.

Tallo: Nacen de la base de la planta. Son de color marrón anaranjado (según a la variedad) y llevan las yemas vegetativas y florales. Su grosor depende de la edad de la planta y de su ubicación dentro de ella. La ramificación es abundante.

Hojas: Son alternas con pecíolos cortos, forma elíptica-lanceoladas, de un color verde pálido a muy intenso según cultivar, ligeramente dentadas y finamente nervadas por el envés. Durante el otoño las variedades ojo de conejo y alto, desarrollan una coloración rojiza.

Flores: Poseen corola blanca o rosada. Se disponen en racimos generalmente axilares, en racimos de 6 a 10 en cada yema, las flores se diferencian en las yemas terminales de las ramillas cuando se detiene el crecimiento vegetativo al inicio del otoño.

Fruto: El fruto es una baya casi esférica, que dependiendo de la especie y cultivar, puede variar en tamaño de 0,7 a 1,5 centímetros de diámetro, y en color desde azul

claro hasta negro. La epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas, que le dan una terminación muy atractiva. Tiene un sabor particular, difícilmente comparable: dulce y ligeramente ácido a la vez. (Gordó, 2011).

Su cultivo

Para iniciar el cultivo de arándanos se debe preparar correctamente el suelo con una adecuada antelación, el cual permita un buen drenaje, ya que no tolera el encharcamiento, como así también periodos prolongados de sequía.

Otro factor de relevancia a la hora de iniciar el cultivo, además de un correcto balance de nutrientes, buen contenido de materia orgánica (3 a 5%), el rango óptimo de acides del suelo debería rondar entre 4.5-5.5 pH. (Libro: El cultivo de arandanos en el norte de España)

Plantación

A la hora de realizar la plantación se debe planear correctamente el cuadro de plantación con distanciamientos adecuados dependiendo de la forma en la que se va a conducir la producción (con o sin ingreso de maquinaria autopropulsada), como así también las variedades seleccionadas.

Se parte de la elección de una buena planta, aquella con un sistema de raíces con buen desarrollo, blancas y de no más de dos años en vivero.

Se recomienda confeccionar camellones (30 - 50 cm de alto y 1 m de ancho), acondicionar su textura y estructura con aserrín de pino grueso, corteza de pino, capotillo de arroz o viruta en dosis que van entre 200 a 800 m³/ha, o bien usar compost u otras enmiendas orgánicas que permitirán que las raíces exploren libremente la superficie, cubriendo los espacios con raíces. Se debe reestructurar el camellón cada 3 años, realizando un rastraje entre las hileras y aporcando sobre el

camellón, agrupando alrededor de las raíces suelo, generalmente, de mayor calidad. (Undurraga, 2013)

Se debe proceder con la instalación del riego previo al establecimiento de las plantas

Para el camellón es bueno utilizar una cubierta o mulch sobre hilera que puede ser plástica (polietileno o malla anti maleza) u orgánica (paja, corteza de pino u otra de origen biológico), ya que permite mantener la temperatura del suelo relativamente constante y evitar pérdidas bruscas de calor durante el invierno y aumentarla durante el verano; por ende, mayor desarrollo de raíces y mayor producción, controlar malezas, mantener la humedad del suelo y optimiza la calidad del fruto, ya que lo protege del contacto directo con el suelo y mantiene la fertilidad del suelo. (Undurraga, 2013).

La implantación, se realiza cuando las plantas se encuentran en receso (período otoño/ invierno) (Gordó, 2011).

Fertilización.

El arándano no es muy exigente en los requerimientos de fertilizante y puede ser dañado si estos productos se aplican en exceso. Las mayores exigencias están en el pH y la fertilidad física.

El arándano, a diferencia de la mayoría de las plantas, absorbe y utiliza más eficientemente el nitrógeno en la forma amonio que en la forma nitrato.

Se recomienda la utilización de fertilizantes que contengan nitrógeno amoniacal (sulfato de amonio, sulfato de magnesio, urea). El sulfato de amonio es el más utilizado ya que al mismo tiempo aporta nitrógeno y actúa como reductor del pH. El nitrógeno se aplica en dos oportunidades: la primera al abrirse las yemas y la segunda seis semanas después de la primera. Las aplicaciones se realizan a través del sistema

de riego (fertirrigación) o al voleo y luego el fertilizante se incorpora a través del riego. Si los arbustos maduros (seis o más años en el campo) muestran bajo vigor se recomienda realizar una fertilización tarde en el otoño destinada a que las plantas acumulen reservas y se produzca un rápido crecimiento en la primavera.

Riego.

Debido a sus características morfológicas (raíces muy superficiales), el arándano desde el punto de vista hídrico es sensible tanto al déficit como el exceso de agua. Para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo se debe contar con un sistema de riego. El más utilizado en la zona es el riego por goteo. Además de satisfacer la demanda hídrica, el riego por goteo también podrá utilizarse para fertilizar y realizar un control del pH.

Poda.

La poda es muy importante en el cultivo de arándano por las siguientes razones: Minimiza o restringe el desarrollo de fruta durante los 3 primeros años en favor del crecimiento vegetativo. Mantiene un balance entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular.

Da forma a la planta, con tallos fuertes, derechos y abiertos.

Aumenta el tamaño y calidad de la fruta por medio del control de la “carga” de la planta.

El arándano debería ser podado en el invierno, mientras las yemas florales están en dormición y son fácilmente visibles. No se recomienda una poda en otoño debido a que puede estimular la brotación de nuevos tallos que luego, con las bajas temperaturas del invierno, morirán. En los primeros dos años de plantación no se debería dejar que la planta florezca. Para esto se deberán remover por medio de la

poda las yemas florales, que en el arándano se encuentran aproximadamente en los 5 cm superiores de las ramas del año anterior. Por consiguiente, la poda de esta porción de las ramas eliminaría estas yemas. Este tipo de poda tendrá como objetivos estimular el crecimiento vegetativo y seleccionar las ramas que darán lugar a la estructura de la planta.

Una vez que la planta tiene una edad de 4 a 5 años el objetivo de la poda será mantener un equilibrio entre ramas viejas, cada vez más improproductivas, y ramas jóvenes que aún no han alcanzado la máxima producción. Para esto habrá que ir removiendo entre una a dos ramas viejas por año. También será necesario realizar una poda para dar a la planta una estructura bien abierta y permitir así la penetración de la luz y la aireación. A su vez toda rama enferma o débil deberá ser removida. (Gordó, 2011).

Polinización.

Si bien los arándanos son auto-fértiles, existen variedades que necesitan de la polinización cruzada para una buena formación de la fruta. A su vez la polinización cruzada incrementa la producción en muchos cultivares por medio del aumento del tamaño de la fruta. Por lo tanto, se debe considerar la plantación de variedades polinizadoras intercaladas.

La flor del arándano no resulta atractiva a la abeja común europea (*Apis mellifera*). Este insecto prefiere flores de especies tales como dientes de león, tréboles, eucaliptos, entre otros. Incrementando la cantidad de colmenas por hectáreas (mayor competencia entre insectos) las abejas actúan de manera menos selectiva, aumentando así la frecuencia de sus visitas a las flores de arándanos. Se recomienda entre 5 a 10 colmenas por hectárea pudiendo llegarse a colocar hasta 20.

Cosecha

La recolección se realiza en forma manual. Comenzando a mediados de septiembre y extendiéndose hasta mediados del mes de diciembre. En el caso de los arándanos cosechados en la estación experimental, la misma se realiza desde mediados de diciembre hasta mediados de enero.

La fruta una vez cosechada se coloca sobre bandejas tratando de protegerlas del sol.

La fruta, una vez madura, es muy delicada, por lo tanto, hay que prestar atención en su manejo. A la hora de cosechar hay que tener especial cuidado al desprender la fruta de la planta para evitar producirle una lastimadura en el epicarpio del fruto.

Al madurar el arándano presenta una serosidad (pruina) la cual es una característica de calidad y por ende hay que evitar removerla.

Una vez cosechado, el arándano es susceptible a la deshidratación y a las enfermedades poscosecha. Para evitar pérdidas de calidad es necesario reducir rápidamente la temperatura de la pulpa del fruto mediante el preenfriado. El método más recomendable para preenfriar arándanos es por aire forzado. La fruta preenfriada puede permanecer hasta alrededor de 14 días a 0° con una humedad relativa entre 90 y 95%.

Producción y comercialización

El arándano es uno de los frutos que menos tiempo se lleva cultivando, quizás porque en la zona de consumo por excelencia, Norteamérica, era tan abundante la presencia silvestre de este fruto que lo único que había que hacer era recolectar los frutos para su comercialización y consumo. Sin embargo, a partir de principios de 1900, la población de Estados Unidos creció de forma vertiginosa y la oferta de frutos silvestres ya no era suficiente para cubrir la demanda existente (García Rubio y col., 2018).

El cultivo de arándanos comenzó a realizarse en 1912 en Estados Unidos y a partir de ello se iniciaron mejoramientos genéticos por cruzamientos controlados y más tarde se realizaron cruzamientos inter-específicos con especies de *Vaccinium* L. para lograr variedades que permitieran ampliar el área de cultivo

En cuanto a producción a escala mundial, la misma alcanza las 651.000 toneladas (Argentina blueberry committee, 2016.), el mayor productor a nivel mundial es Estados Unidos, seguido por Canadá. En Europa se destacan Polonia, Alemania y España. En lo que se refiere a Latinoamérica, son importantes productores Chile, Argentina, Uruguay y México. Dicha oferta se ha visto incrementada en los últimos años por las plantaciones realizadas en Perú. En el resto del mundo otros productores relevantes son Sudáfrica, Nueva Zelanda, Australia y China. Si bien, este último no cuenta en la actualidad con excedente exportable de magnitud, presenta un incremento anual en su producción de un 30 % y aspira a convertirse en el mayor productor mundial en 2025 (DCA 2019) (Gráfico 1).

En Argentina la plantación de arándanos es relativamente reciente. El cultivo se introdujo en los años '80, pero a partir de 1993 comenzó a expandirse en gran medida debido a su adaptación a las condiciones agroecológicas, su alta rentabilidad y elevada demanda externa.

Argentina tiene la ventaja de producir en contraestación en relación a los principales países productores y consumidores, comenzando la cosecha a mediados de septiembre y extendiéndose hasta mediados del mes de diciembre, periodo durante el cual el hemisferio norte carece de frutos frescos (Tabla 1).

La superficie plantada con arándanos asciende a 3500 ha, con un rendimiento promedio entre los 5000 y 6000 kg/ha y una producción nacional que ronda las 20000 tn. Las principales provincias exportadoras de este fruto son Entre Ríos (Concordia)

con el 40%, Tucumán con el 37% y Buenos Aires con el 20%, correspondiendo el resto a otras provincias (Corrientes, Santa Fe, Salta, Catamarca, San Luis y Córdoba) (Mercado Central de Buenos Aires, 2017) (Gráfico 2).

Los arándanos representan la séptima fruta fresca exportada, con un volumen total de 14610 tn. Los principales destinos de exportación fueron Estados Unidos (8965 tn), Gran Bretaña (2163 tn) y Holanda (1267 tn) (Mercado Central de Buenos Aires, 2017).

En cuanto a su forma de utilización, el arándano tradicionalmente es consumido en fresco por los principales productores y consumidores tales como Estados Unidos y Canadá y algunos países europeos como Italia, Alemania y Holanda. En Japón, su consumo se realiza como fruta fresca, deshidratada o congelada, en comidas dulces o saladas y en aplicaciones industriales tan diversas como productos farmacéuticos, colorantes, pastelerías, jugos concentrados, puré, mermeladas, salsas, helados, yogurt, golosinas, conservas, etc. (Gordó, 2011).

Propiedades nutraceuticas

Estudios epidemiológicos han indicado una correlación negativa entre el consumo de frutas y verduras y el riesgo de afecciones relacionadas con la edad, incluidos ciertos cánceres, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, y posiblemente enfermedades neurodegenerativas (Ames y col. 1993), por lo cual se considera a este tipo de alimentos vegetales como aportantes de compuestos nutraceuticos, es decir, con propiedades nutricionales y medicinales.

Ante los efectos nocivos producidos a causa del estrés oxidativo, los fitoquímicos que se encuentran en las frutas y verduras tienen características estructurales y capacidades redox que los hacen efectivos para combatir los radicales libres de oxígeno a través de varios mecanismos.

Actualmente existe una abundancia relativa de evidencia epidemiológica que sugiere que los antioxidantes (AO) de frutas y vegetales pueden brindar protección contra los radicales de oxígeno. (Hortitechnology, 2001)

Dentro de los antioxidantes existentes en frutas y vegetales, los compuestos fenólicos son hidrosolubles y, por lo tanto, pueden actuar en el ambiente acuoso de la célula. Su mecanismo de acción como AO se relaciona con la captura de los radicales libres, los cuales en altas concentraciones resultan perjudiciales para la salud.

En más de 30 frutas y verduras examinadas, se ha reportado que los frutos de arándanos presentaron la máxima capacidad de absorber radicales de oxígeno (ORAC). En su estudio de las especies de arándanos, Prior y col., (1998) encontraron que ORAC estaba fuerte y positivamente correlacionada con el contenido fenólico total ($r = 0,85$) y el contenido de antocianina de la fruta ($r = 0,77$) (García Rubio y col., 2018). Asimismo, la síntesis de la mayoría de los compuestos fenólicos está relacionada con la acumulación de azúcares (Gil, 2012), lo cual poseen gran influencia en el sabor del fruto.

Los arándanos tienen alta concentración de compuestos bioactivos que han sido denominados «funcionales», muy valorados por sus beneficios en la salud. Dentro de estos compuestos están los polifenoles, incluyendo antocianinas, ácidos fenólicos, taninos, carotenoides, vitaminas A, C, E, ácido fólico y minerales como el calcio, selenio y cinc. Los fenoles son metabolitos secundarios distribuidos en los vegetales, que cumplen diversas funciones en las plantas, como protectores frente a las radiaciones ultravioleta y forman los pigmentos naturales de las plantas (p.ej., antocianinas, flavonas y flavonoles). Los mismos intervienen como reguladores de interacciones planta-microorganismos (p.ej., rizobios, *Agrobacterium*). También están implicados en procesos defensivos de las plantas como es el caso de los taninos o las furanocumarinas (isoflavonoides). Otros compuestos fenólicos tienen efectos

alelopáticos (p.ej., ácido cafeico, ácido ferúlico) y de atracción de polinizadores. Algunos fenoles también juegan un importante papel en la tolerancia al estrés (Taiz y Zeiger 2006).

La estructura química de los compuestos fenólicos consiste en al menos un anillo aromático con un número variable de grupos de hidroxilos, que determinan su capacidad antioxidante, ya que estos grupos ceden electrones o átomos de hidrógeno neutralizando los radicales libres, disminuyendo así la probabilidad de contraer cáncer y enfermedades coronarias. En estudios celulares, se ha encontrado que el extracto de arándano y sus flavonoides purificados disminuyen el daño de los radicales libres al ADN que puede conducir al cáncer. También disminuyen el crecimiento y aumentan la autodestrucción de las células de cáncer de pulmón, mama, colon y próstata (USDA, 2014).

Conocer el contenido de antioxidantes fenólicos es de suma importancia debido a que una correcta selección del material vegetal puede significar un atributo más de calidad no sólo para arándanos frescos sino también para los productos derivados del mismo tales como zumos, pulpa y arándanos deshidratados.

En un estudio de 135 clones de arándanos silvestres, se encontró una amplia variedad tanto en el contenido de fenólicos totales como en el de antocianinas (Duy, 1999). La variabilidad fenotípica de esta magnitud sugiere que los genotipos pueden diferir sustancialmente con respecto a su potencial biosintético fenólico (Hortitechnology, 2001).

En relación a la creciente importancia que se le está dando en la actualidad a las propiedades benéficas de los alimentos para la salud y en base a la evidencia de los beneficios que otorgan el contenido de antioxidantes en la dieta, es factible que dentro de los parámetros actualmente considerados para la elección de un cultivar

(adaptabilidad climática, rendimientos, resistencia a enfermedades y plagas, etc), se incluya la composición nutracéutica de los frutos de diferentes cultivares de arándanos.

Otro factor de relevancia a estudiar es el contenido de azúcares del fruto de arándanos, que si bien no es el principal atributo que determina la aceptabilidad, es un componente de gran influencia en el sabor de la fruta consumida en fresco (Saftner y col., 2008). El contenido de azúcares en arándano varía tanto según el material genético y estado de madurez del fruto como por el año y condiciones de cultivo (Kalt y McDonald, 1996; Wang y col., 2008). El desarrollo del color azul en frutos blancos o rosados puede ocurrir fuera de la planta, pero ello no ocurre con la acumulación de azúcares asociada con la maduración (Beaudry, 1992). Por lo tanto, el momento de cosecha es importante para determinar la calidad del fruto, aprovechando un momento fisiológico donde se favorezca la calidad sensorial pero que a su vez se maximice la vida poscosecha del fruto.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

Con iguales manejos agronómicos y condiciones climáticas, es posible que el componente varietal del Arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) exprese diferencias en su contenido de fenoles y azúcares totales.

Objetivo general

Determinar diferencias en la calidad general a cosecha y composición nutracéutica de frutos de arándanos de los cultivares Georgea Gem, Reveille, Blue Chip y O'Neill en condiciones de cultivo en la ciudad de La Plata.

Objetivos específicos

- A. Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales en las diferentes variedades de arándano.
- B. Determinar el contenido de azúcares totales y sólidos solubles totales en las diferentes variedades de arándano.
- C. Determinar la correlación entre azúcares totales y compuestos fenólicos totales en las diferentes variedades de arándano.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las muestras de arándano evaluadas se cosecharon de manera manual, en diciembre de 2017, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (Lat. 34 o 52´ S y Long. 57 o 58´W, 15 msnm) en la localidad de Los Hornos (La Plata), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Las muestras tomadas son 1.5 kg, en un nivel de maduración del 75% blue (Marciniak,), correspondientes a un conjunto de plantas de cada variedad en análisis.

Luego de la cosecha las muestras fueron conservadas inmediatamente en freezer (-18 °C) hasta el momento de las mediciones. Se utilizaron los cultivares *Georgea Gem*, *Reveille*, *Blue Chip*, y *O'Neill*.

El cultivo fue implantado en octubre del 2006, siguiendo una producción en secano, conducido con una distancia entre líneas de 3m y 1m entre plantas con una densidad de plantación de 3333 pl./ha, con mínimas prácticas de poda y controles de maleza por medio mecánico, sin aplicaciones de agroquímicos.

En cuanto a las variedades utilizadas y sus requerimientos climáticos, *Reveille* se diferencia de las otras tres por ser más exigente en el requerimiento de horas de frío con un mínimo de 600 horas, mientras que *Blue Chip*, *O'Neill* y *Georgea Gem* requieren 400 horas de frío, y dentro de éstas, *Georgea Gem* se diferencia por su buena tolerancia a altas temperaturas (Undurraga, 2013).

Determinación del contenido de fenoles

Se determinó el contenido de fenoles como fracción de los compuestos con capacidad antioxidante. Los frutos congelados se enfriaron aún más con nitrógeno líquido de modo de obtener una molienda más fina y uniforme (Figura 1). Para la molienda se utilizaron 40 g de frutos los cuales fueron triturados mediante la utilización de un

molinillo eléctrico (Figura 2). Se tomaron ~0,8 g del polvo obtenido y se le agregaron 5 mL de etanol para la extracción de compuestos hidrosolubles (Figura 3). El homogenato obtenido se mezcló y centrifugó a 4000 rpm durante 8 min (Figura 4). Se descartó el pellet del fondo del tubo y el sobrenadante se utilizó para determinar el contenido de fenoles utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. El resultado se expresó en equivalentes de ácido gálico, en relación a las unidades de dicho compuesto fenólico utilizado para la curva de calibración.

Procedimiento: se agregaron 25 µl de extracto en un tubo y se incorporaron 930 µl de H₂O, 50 µl de reactivo Folin-Ciocalteu (diluido 1:1 con agua), con posterior agitación en vórtex y se dejó reposar 3 min. Luego se agregó NaCO₃ 20 % en NaOH 0,1 N. Luego de 45 min de reacción se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de $\lambda=760$ nm (Figura 6). Las mediciones se hicieron por duplicado.

Para determinar el contenido de fenoles de la muestra, se realizó una curva patrón con ácido gálico, para luego expresar el contenido de fenoles de las muestras en g de ácido gálico por kg de muestra (o por 100 g de muestra, dependiendo de la magnitud de los valores).

Determinación de azúcares totales por el método de antrona

La reacción del reactivo de antrona en medio ácido fuerte constituye la base de un método rápido y conveniente para la determinación de azúcares totales (hexosas, aldopentosas y polisacáridos) dada su alta sensibilidad (25 a 200 µg de azúcar/mL). El medio ácido concentrado deshidrata los sacáridos presentes en el extracto vegetal dando furfurales (derivados aldehídicos del furano). Por ejemplo, la D-glucosa con H₂SO₄ (concentrado) y con calor produce el 5-hidroximetil furfural, compuesto que se combina luego con la antrona para dar un complejo coloreado verde-azulado (Figura 5).

Preparación de la muestra: Para la obtención del extracto etanólico, se realizó el mismo procedimiento que el descrito en la sección de fenoles totales. Del sobrenadante obtenido se realizó una dilución 1:4 para lo cual se tomaron 250 μL del sobrenadante y se le adicionaron 750 μL de agua destilada.

Determinación: para la cuantificación de los azúcares se realizó una curva de calibración, utilizando glucosa como estándar. Luego se realizó la mezcla de reacción con antrona más una alícuota de 7 μL de la dilución del extracto vegetal (sobrenadante). La mezcla se llevó a un baño a ebullición durante 10 min, se dejó enfriar en baño de agua y posteriormente se midió la absorbancia a $\lambda=620$ nm con un espectrofotómetro (Figura 6). Las mediciones se hicieron por duplicado. Luego de comparar los valores obtenidos con la curva patrón de glucosa, los resultados se expresaron como mg de glucosa por gramo de peso fresco ($\text{mg de glucosa g}^{-1}$).

Patrón glucosa: 1 mg/ml. Se hizo la mezcla de reacción detallada anteriormente y se agregó a distintos tubos 0, 20, 40 y 60 μL de glucosa patrón (para que el volumen de mezcla de reacción sea igual a la anterior), sustituyendo luego gradualmente el agua por volúmenes iguales de patrón.

Preparación reactivo antrona: se adicionaron 33 mL de H_2SO_4 a 17 mL de H_2O , y luego 0,025 g de antrona. Para disolver el reactivo se aprovechó la temperatura generada al mezclar el agua con el ácido, en agitación hasta total solubilización. El proceso se realizó tapando las paredes del vaso de precipitados con papel aluminio a fin de evitar la entrada de luz. Se guardó el reactivo en frasco color caramelo para una mayor duración del mismo.

Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix)

Los azúcares constituyen la mayor parte de los sólidos solubles (SS) presentes en el jugo de las frutas, por lo que su determinación constituye un buen estimador de su

calidad organoléptica. Ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos y pectinas solubles contribuyen al contenido de SS, aunque se encuentran en proporciones inferiores al de los azúcares. El contenido de SS se determinó mediante refractómetro. Se trituró un volumen determinado de muestra en un mortero (Figura 7 A), se filtró el jugo, y se colocó una gota en un refractómetro digital (Figura 7 B). Para la lectura se tuvo en cuenta que 1 ° Brix equivale a 1 gramo de sólido soluble cada 100 gramos de solución.

Métodos estadísticos para el análisis de resultados

Para el análisis estadístico del contenido de fenoles, azúcares totales y grados Brix, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y posterior test de comparación de medias (LSD Fisher) mediante la utilización del programa InfoStat 2018.

Para la medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables (fenoles y azúcares) se utilizó el Coeficiente de Correlación de Pearson. El cálculo se realizó mediante el programa InfoStat 2018.

5. RESULTADOS

Contenido de fenoles

Luego de la medición del contenido de fenoles totales (FT), expresados en mg/100g de arándanos frescos, mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las variedades de arándano estudiadas (Tabla 2).

Reveille y O'Neill resultaron ser las variedades con el menor contenido en FT, con valores de 111,85 mg/100 g y 116,49/100 g respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre las mismas.

En cuanto a las variedades Blue Chips y Georgea Gem, fueron las de mayor contenido de FT, de las cuales la última variedad fue la que registró los valores más altos (197,57 mg/100g).

Azúcares solubles totales

Se midió el contenido de azúcares solubles totales en muestras cosechadas y congeladas, por medio del método de antrona. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) para este parámetro entre las variedades estudiadas.

Sólidos solubles totales (°Brix)

Los resultados obtenidos de contenido de sólidos solubles mostraron que al igual que lo observado en la medición de azúcares mediante el método de antrona, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las variedades.

El cálculo de correlación lineal entre el contenido de fenoles y de azúcares totales en las variedades en estudio arrojó una correlación positiva muy baja de 0,029 (Tabla 3).

6. DISCUSIONES

Si bien las variedades estudiadas fueron sometidas a iguales condiciones edáficas, climáticas y de manejo del cultivo, la variedad *Georgia Gem* se destaca por poseer el mayor contenido de FT, diferenciándose de *Reveille* y *Blue Chips*, las cuales poseen similares requerimientos. Mientras que *O'Neill* se diferencia de las demás por poseer mayores requerimientos de horas de frío, pero aun así expresó valores similares de FT que *Reveille*, por lo que la diferencia en los requerimientos de horas de frío no se reflejó en el contenido de FT.

El contenido de FT en la fruta muestra diferencias entre variedades, lo cual coincide con otras investigaciones que asocian al material genético con la capacidad de generación de compuestos fenólicos (Hortitechnology, 2001).

En lo que respecta al contenido de FT medidos en las variedades en estudio, todas presentaron valores por debajo de los datos publicados por la USDA Nutrient Database (2004) para las variedades de mayor consumo en Estados Unidos, que muestran valores medios de 292,97 mg fenoles/100g arándano fresco, y trabajos realizados en España de determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados, donde encontraron valores medios de 358,7 mg fenoles/100g arándano fresco (Barreto y col., 2016). La discrepancia encontrada pudo haber sido ocasionada por la metodología utilizada para la medición de fenoles ya que, en el trabajo de Barreto y col. (2016), se determinó el contenido de fenoles mediante diferentes métodos, de los cuales se seleccionó el que arrojó los valores más elevados. Otra de las posibles causas de las diferencias observadas es el sustrato en el cual se desarrolló del cultivo ya que se observó en trabajos previos que el contenido de compuestos fenólicos varía considerablemente en función de dicho parámetro (Panicker y col., 2007; Ochmian y col., 2009).

Si bien existen estudios donde se remarca una diferencia en el contenido de azúcares entre variedades cultivadas en similares condiciones (Kalt y McDonald, 1996; Saftner y col., 2008), los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten poner en discusión la verdadera influencia que pueden tener las condiciones de clima y manejo asociadas al cultivo local en el contenido de azúcares del fruto de las variedades de arándano estudiadas.

La correlación entre los contenidos de FT y azúcares totales fue muy baja y no significativa ($P=0,95$), no coincidiendo con otros estudios los cuales sugieren que la síntesis de la mayoría de los fenoles está relacionada con la acumulación de azúcares (González-SanJosé y Diez, 1992; Gil, 2012); por lo que con los resultados obtenidos, el mayor contenido de fenoles observado no se vería afectado por el contenido de azúcares en el fruto sino por otros procesos metabólicos de la planta.

7. CONCLUSIÓN

Con iguales manejos agronómicos y condiciones climáticas, el componente varietal del arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) expresó diferencias en su contenido de fenoles totales y no así en el contenido de azúcares totales. La variedad Georgia Gem podría ser considerada de superior calidad nutracéutica asociada a su mayor contenido de antioxidantes fenólicos aunque no de azúcares, lo que podría ser un parámetro a considerar si se busca producir un fruto que contenga un mayor contenido de fenoles totales para su uso en la elaboración de bebidas como para consumo en fresco.

8. BIBLIOGRAFÍA

Argentinean blueberry committee., 2016. Producción y demanda mundial de arándanos. Disponible en: <https://www.argblueberry.com/home/produccion-y-demanda-mundial-de-arandanos/>. Último acceso: 28 de julio 2020

Ames, B.M., M..K. Shigena, and T.M. Hagen. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative disease of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90:7915–7922.

Barbat, 2005. El arándano ¿un cultivo del futuro? Disponible en: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh187/30_37.pdf. Último Acceso: 12 de julio 2019.

Barreto Anticon Mayra Lucía.; Frígola Ana; Esteve M José. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. Disponible en: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/UCV-SCIENTIA/article/view/1002>. Último Acceso: 28 de julio 2020.

Beaudry, R. (1992). Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. Annual Report of the Michigan State Horticultural Society (122nd), 140-145.

Comité Argentino de Blueberries (2018) Estadísticas. Disponible en: <https://www.argblueberry.com/home/estadisticas/>. Último Acceso: 1 de julio de 2019

DCA (2019). Dirección de Cadenas Alimentarias. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_2019_ARANDANOS_MARZO.pdf. Último Acceso: 1 de julio de 2019

Dell'Acqua, Ailyn J.; Moyano, Maria, B.; Galvan, Julieta. Comercialización y competitividad del arándano en Argentina. Disponible: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_2019_ARANDANOS_MARZO.pdf

[e%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen Cadena 2019 ARANDANOS MARZO.pdf](#). Último Acceso: 27/07/2020

Duy, J.C. 1999. A survey of the quantitative intraspecific variation of anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity in leaves and fruit of *Vaccinium angustifolium* Aiton clones in Nova Scotia. MSc thesis. Acadia Univ., Wolfville, Nova Scotia.

García Rubio, J.C.; García González De Lena, G.; Ciordia Ara, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España. Editorial: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Consejo de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias.

González-SanJosé, M. L., & Díez, C. J. F. C. (1992). Relationship between anthocyanins and sugars during the ripening of grape berries. *Food Chemistry*, 43(3), 193-197.

Guía Fruticultura, 2019. Maduración e índice de cosecha en frutos. Disponible en: <http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/321/course/section/261/6-Guia%20Maduracion%202019%20%281%29.pdf>. Último Acceso: 10 de julio de 2019.

Gil, G. 2012 Fruticultura-Madurez de la fruta: Frutas de clima templado y subtropical. Ediciones UC.

Gordó, M. (2011). "Guía práctica para el cultivo de arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires". INTA. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjz3cH8rc3iAhXclLkGHWMnCAkQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Finta.gob.ar%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fscript-tmp-mg_0801.pdf&usq=AOvVaw1dFQNK1Xslh9Rn5B3O4Elf. Último Acceso: 30 de julio de 2020.

Hortitechnology. 2001. Horticultural Factors Affecting Antioxidant Capacity of Blueberries and other Small Fruit.

Kalt, W., & McDonald, J. E. (1996). Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(1), 142-146.

Marciniak, T y Urban, M. (Año). Phenology of Blueberries: How does Plant Data Reflect Climate Changes?. Disponible en: <http://hydrodictyon.eeb.uconn.edu/people/urban/files/BlueberryLesson.pdf>. Último Acceso: 18 de agosto de 2020.

Mercado Central (2017). "Crece la Producción de arándanos en Argentina". Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/news/crece-la-producci%C3%B3n-de-ar%C3%A1ndanos-en-argentina>. Último Acceso: 1 de julio de 2019

Ochmian, I., Grajkowski, J., & Skupień, K. (2009). Influence of substrate on yield and chemical composition of highbush blueberry fruit cv. 'Sierra'. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 17(1), 89-100.

Panicker, G. K., Sims, C. A., Spiers, J. M., Silva, J. L., & Matta, F. B. (2007, October). Effect of worm castings, cow manure, and forest waste on yield and fruit quality of organic blueberries grown on a heavy soil. In *II International Symposium on Human Health Effects of Fruits and Vegetables: FAVHEALTH 2007* 841 (pp. 581-584).

Saftner, R., Polashock, J., Ehlenfeldt, M., & Vinyard, B. (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 19-26.

Taiz y Zeiger (2006). *Fisiología vegetal*. Ed. Publicacions de la Universitat Jaume I. 542-557 pp Disponible en: <https://fisiologiavegetalundec.files.wordpress.com/2018/04/fv-taiz-zeiger-vol-i.pdf>. Último Acceso: 1 de julio de 2019.

Undurraga, P., y Vargas, S. (eds.) (2013). Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. 120 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. (pp. 18-21)

USDA, 2014. Departamento de agricultura de estados unidos. Arándanos y salud. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/plains-area/gfnd/gfhnrc/docs/news-2014/blueberries-and-health/> Último acceso: 12 de julio 2019.

USDA National Nutrient Database. For Standard Reference, Release 17 (2004). Composition of blueberries. US Highbush Blueberrie Council. 2004.

Wang, S. Y., Chen, C. T., Sciarappa, W., Wang, C. Y., & Camp, M. J. (2008). Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(14), 5788-5794.

9. TABLAS

	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Chile												
Santiago												
Linares												
Chillan												
Los Angeles												
Temuco												
Osorno												
TT Chile												
USA-Canada												
Espa-a												
Francia												
Alemania												
Polonia												
TT Europa												
Australia												
N. Zelanda												
Argentina												

Tabla 1: Calendario de producción mundial de Arándanos. (Barbat, 2005)

Variedades	Fenoles Totales (mg/gr tejido)	Azúcares Totales (mg/gr tejido)	°Brix
<i>Reveille</i>	1,12 ± 7,78 a	105,01 ± 15,11 a	13,8 ± 1,6 a
<i>Blue Chips</i>	1,46 ± 7,17 b	92,89 ± 10,18 a	13,4 ± 0,1 a
<i>O'Neill</i>	1,17 ± 3,57 a	92,03 ± 7,19 a	13,16 ± 1,2 a
<i>Georgia Gem</i>	1,97 ± 7,81 c	101,17 ± 8,49 a	14,9 ± 0,7 a

Tabla 2: Contenido de fenoles y azúcares totales en las variedades de arándanos en estudio. Los valores representan la media de 2 grupos de frutos ($n=2 \pm$ error estándar). Medias con letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$) según el test LSD Fisher.

Variedad	Fenoles	mg glucosa/g tejido
<i>Reveille</i>	104,07	89,9
<i>Reveille</i>	119,63	120,12
<i>Blue Chips</i>	138,69	103,07
<i>Blue Chips</i>	153,03	82,72
<i>O'Neill</i>	113,42	99,21
<i>O'Neill</i>	120,56	84,84
<i>Georgia Gem</i>	189,76	109,67
<i>Georgia Gem</i>	205,38	92,68
	Correlación	0,029

Tabla 3: Coeficiente de correlación entre el contenido de fenoles y azúcares totales (P=0,95).

10. GRAFICOS

Participación en producción mundial

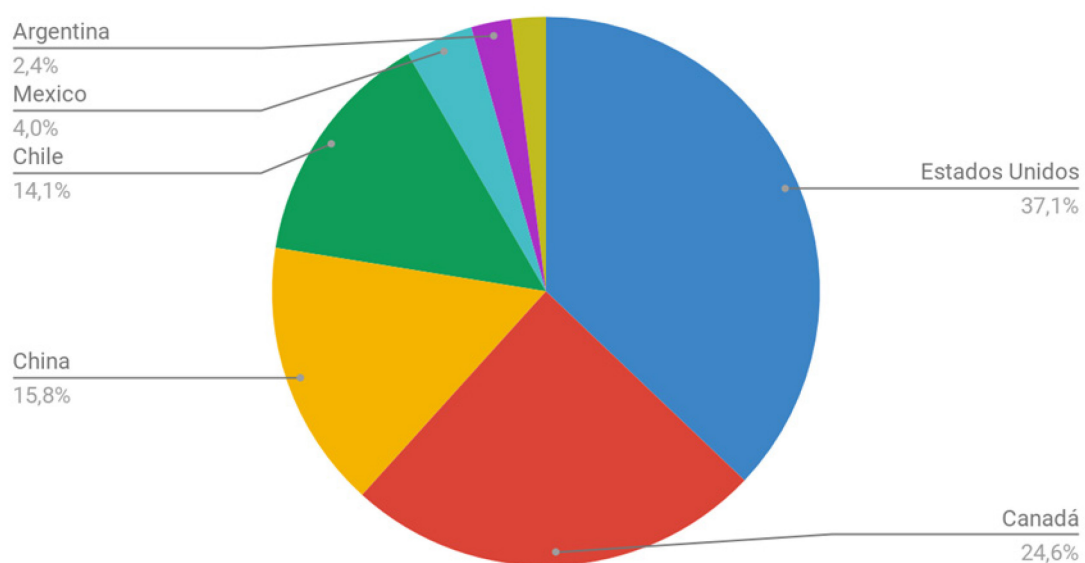


Gráfico 1: Principales países productores de arándanos en 2016. Fuente: DCA 2019.

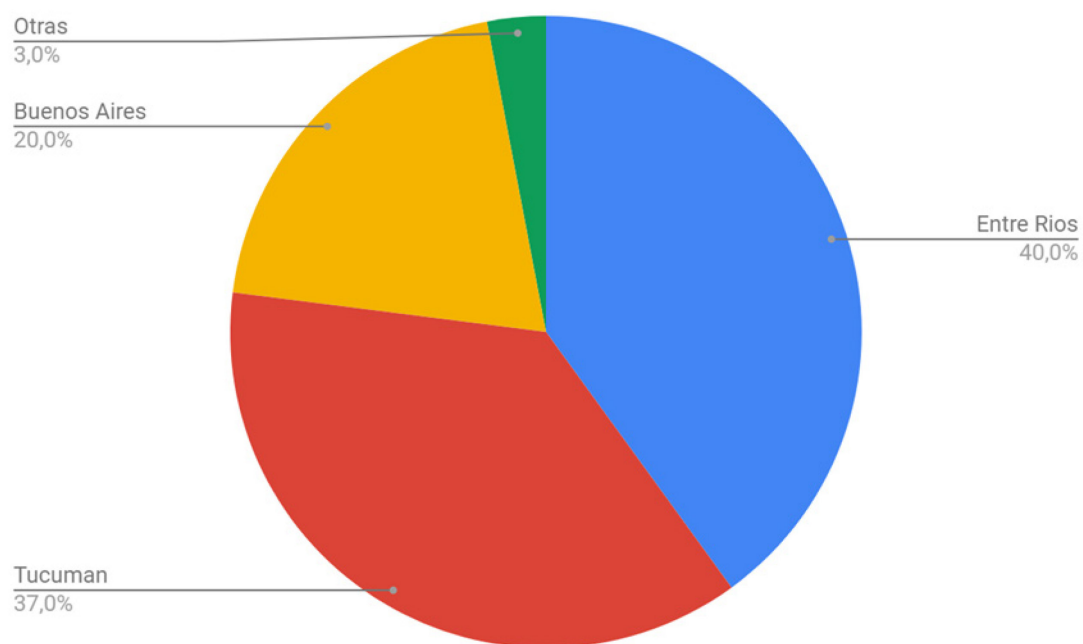


Gráfico 2: Principales provincias exportadoras de arándanos en Argentina. Fuente: Mercado Central de Buenos Aires, 2017.

11. IMÁGENES



Figura 1. Frutos de arándanos congelados para triturar.



Figura 2: Molinillo utilizado para triturar los frutos (Peabody, Argentina).

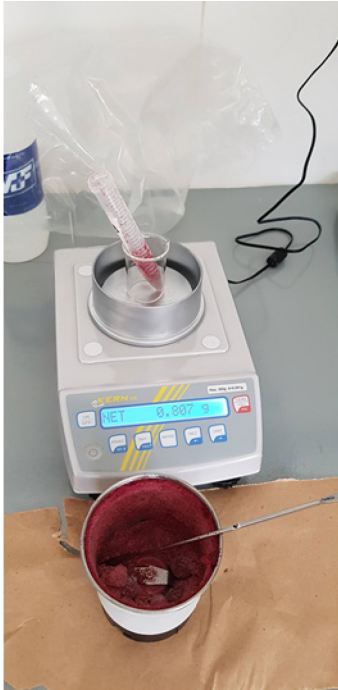


Figura 3. Toma del polvo obtenido en la trituración de los frutos para ser mezclada con etanol.



Figura 4: Centrifuga (Modelo 88D, China)

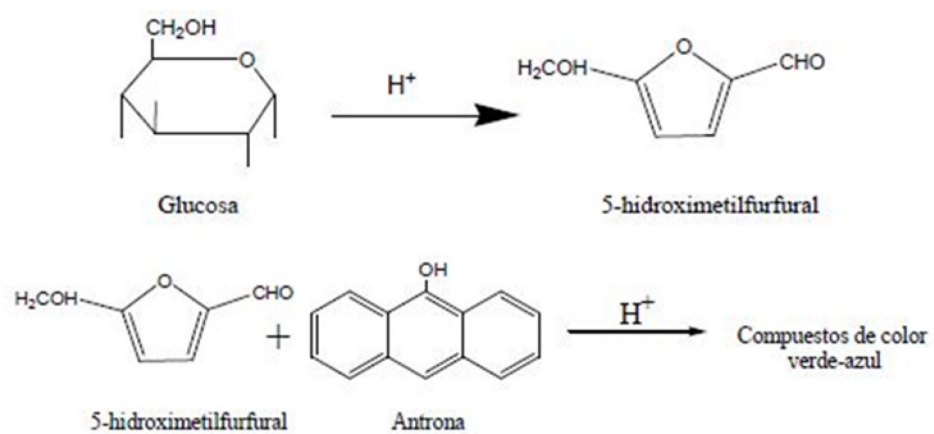


Figura 5: Reacción del reactivo de antrona en medio ácido fuerte.



Figura 6. Espectrofotómetro (Numak modelo 720, China).



Figura 7. A: Mortero. B: Refractómetro digital (Milwaukee, modelo MA 871, Hungría).